Journal of Agroecology
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

Research Article
Vol. 15, No. 1, Spring 2023, p. 139-152

Combined Effect of Biological and Nitrogen Fertilizers on Leaf Area Index and Rice (*Oryza sativa* L.)Yield under Different Irrigation Conditions

Ardalan Balabandian[1], Majid Ashouri[2*], Hamid Reza Doroudian[3], Seyyed Mostafa Sadeghi[2] and Mojtaba Rezaei[4]

Received: 11-05-2021
Revised: 26-09-2021
Accepted: 29-09-2021
Available Online: 29-09-2021

How to cite this article:
Balabandian, A., Ashouri, M., Doroudian, H.R., Sadeghi, S.M., & Rezaei, M. (2023). Combined effect of biological and nitrogen fertilizers on leaf area index and rice (*Oryza sativa* L.) yield under different irrigation conditions. *Journal of Agroecology*. *15*(1), 139-152.
DOI: 10.22067/agry.2021.70032.1041

Introduction

Rice (*Oryza sativa* L.) is one of the most important and valuable grains in the world, after wheat, and is the main source of food for more than 50% of the world's population. Proper water management in rice fields plays a key role in the usefulness of other production inputs. One way to improve the efficiency of nitrogen fertilizer application and reduce its losses is the simultaneous use of organic and biological fertilizers. Due to the conditions of Iran in terms of water resources and excessive consumption of nitrogen fertilizers, the use of less water in rice cultivation and reducing the use of chemical fertilizers can play a very important role in saving and wasting water by using biofertilizers will reduce the cost and pollution of chemical fertilizers.

Materials and Methods

An experiment in the experimental farm of Rice Research Institute of Iran (Rasht) performed over two years, 2017 and 2018, to evaluate the response of two rice cultivars to bio-chemical fertilizers at different irrigation levels on leaf area index, yield, components Water performance and efficiency were assessed. This experiment was performed in the form of double split plots based on a randomized complete block design with three replications. Accordingly, experimental factors including water management at three levels without stress (flooding) and irrigation intervals of 10 and 15 days as the main factor, fertilizer at three levels including inoculation of seedlings with nitroxin biofertilizer, inoculation of seedlings with nitroxin biofertilizer + 50% of nitrogen chemical fertilizer required by the plant (combined fertilizer treatment) and 100% of nitrogen chemical fertilizer required by the plant) as a secondary agent and rice cultivar at two levels including Hashemi and Gilaneh as a secondary agent. The dimensions of each plot were 3×3 meters. In this experiment, grain yield, grain yield components, leaf area index, and water use efficiency were examined.

Results and Discussion

The results of this experiment showed that there was no significant difference between the combined treatment of fertilizer (2.77 t/ha) and the treatment of 100% nitrogen chemical fertilizer (2.82 t/ha) on the yield of rice cultivars. The waterlogging treatment caused a 23% and 38% higher grain yield compared to 10-day and 15-day

1- Ph.D. Student of Agronomy, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Lahijan Branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Lahijan branch, Islamic Azad University, Lahijan, Iran.
4- Assistant Professor of Research. Rice Research Institue of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Rashat, Iran.
(*- Corresponding author's Email: mashouri48@yahoo.com; Majid.Ashouri69@iau.ac.ir)

irrigation cycles, respectively. The highest leaf area index was observed in the Gilaneh cultivar with 100% chemical nitrogen fertilizer required by the plant and inoculation of seedling roots with the combined treatment of fertilizer during flooding, with values of 4.52 and 4.03, respectively, and the lowest value of 1.48 was observed in the Hashemi cultivar with seedling root inoculation with nitroxin biofertilizer and irrigation for 15 days. Water use efficiency in nitrogen and compound fertilizer treatments was higher in the Gilaneh cultivar than in the other treatments. The Gilaneh cultivar with 15-day irrigation treatment and 100% nitrogen fertilizer required by the plant showed the highest water use efficiency in two years, and the plant needs of this cultivar did not show a significant difference. The combined application of nitroxin biofertilizer and nitrogen chemical fertilizer, in addition to producing a good yield and improving water use efficiency, reduced the use of nitrogen chemical fertilizer by 50%.

Conclusion

By increasing the intensity of stress, seedling root inoculation treatments with nitroxin biofertilizer + 50% chemical nitrogen fertilizer required by the plant and consumption of 100% nitrogen fertilizer required by the plant improved water use efficiency. Biofertilizer, along with nitrogen fertilizer increased the leaf area index and crop yield. Nitrogen fertilizer increased the number of empty seeds per panicle compared to biofertilizer. The Gilaneh cultivar was more successful than the Hashemi cultivar in the studied traits. The use of biofertilizers could be a suitable and desirable alternative to chemical fertilizers, in the long run, to minimize environmental pollution and achieve sustainable agriculture.

Keywords: Gilaneh cultivar, Irrigation management, Paddy

نشریه بوم شناسی کشاورزی
Homepage: https://agry.um.ac.ir/

مقاله پژوهشی
جلد ۱۵، شماره ۱، بهار ۱٤۰۲، ص ۱۵۲-۱۳۹

اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی بر شاخص سطح برگ و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) در شرایط آبیاری متفاوت

اردلان بالابندیان[۱]، مجید عاشوری[۲*]، حمیدرضا درودیان[۳]، سید مصطفی صادقی[۲] و مجتبی رضایی[٤]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۲/۲۱
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۷/۰۷

چکیده

با توجه به شرایط ایران از نظر منابع آبی و مصرف بالای کود شیمیایی نیتروژنی، استفاده از آب کمتر در زراعت برنج (*Oryza sativa* L.) و کاهش مصرف کود شیمیایی نقش بسیار مهمی در صرفه‌جویی و هدررفت آب خواهد داشت. آزمایشی در مزرعه آزمایشی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) طی دو سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. بر این اساس، فاکتورهای آزمایشی شامل مدیریت آب در سه سطح غرقاب و فواصل آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز یک بار به‌عنوان عامل اصلی، کود در سه سطح شامل تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی، تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه (تیمار ترکیبی کود) و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه) به‌عنوان عامل فرعی و رقم برنج در دو سطح شامل هاشمی و گیلانه به‌عنوان عامل فرعی فرعی بودند. نتایج این پژوهش نشان داد که شاخص سطح برگ در تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژنی، رقم گیلانه و آبیاری غرقاب بیش‌ترین مقدار معادل ۴/۵۲ در سال اول و ۴/۷۹ در سال دوم را نشان داد و تیمار ترکیبی کود و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن به‌ترتیب با ۲/۷۷ تن بر هکتار و ۲/۸۲ تن بر هکتار عملکرد در ارقام برنج تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نداشتند. تیمار غرقاب نسبت به دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز به‌ترتیب ۲۳ و ۳۸ درصد عملکرد دانه بیشتری را سبب گردید. کاربرد ترکیبی کود زیستی و کود شیمیایی نیتروژن علاوه‌بر تولید عملکرد مناسب (۲/۷۷ تن بر هکتار) و بهبود کارآیی مصرف آب (۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب)، مصرف کود شیمیایی نیتروژن را به‌میزان ۵۰ درصد کاهش داد. با افزایش دور آبیاری تیمارهای تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه معادل ۰/۷ کیلوگرم بر مترمکعب و مصرف ۱۰۰ درصد کود نیتروژنی مورد نیاز گیاه معادل ۰/۷۴ کیلوگرم بر مترمکعب کارآیی مصرف آب را افزایش دادند.

واژه‌های کلیدی: رقم گیلانه، شالیزار، مدیریت آبیاری

۱- دانشجوی دکتری زراعت، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۳- استادیار،گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد لاهیجان، دانشگاه آزاد اسلامی، لاهیجان، ایران.
۴- استادیار پژوهش، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران.
(*- نویسنده مسئول: Email: mashouri48@yahoo.com)

DOI: 10.22067/agry.2021.70032.1041

مقدمه

برنج (*Oryza sativa* L.) یکی از مهمترین غلات در دنیاست که بعد از گندم منبع اساسی و عمده غذایی بیش از ۵۰ درصد جمعیت جهان را تشکیل می‌دهد (Lopez et al., 2019 ; Jabran & Chauhan, 2015). تولید برنج تا سال ۲۰۵۰ باید بیش از ۵۰ درصد افزایش یابد که در نتیجه، اصلاح ارقام و اعمال مدیریت‌های صحیح زراعی محقق خواهد شد (Esfahani et al., 2005). آب مهمترین عامل برای تولید پایدار در مناطق برنج‌خیز است. حدود سه‌چهارم برنج تولیدی (نیمی از کل مزارع برنج دنیا) به‌صورت فاریاب است (Carmelita et al., 2011). بنابراین، با توجه به اهمیت آب برای تولید پایدار در مناطق برنج‌خیز، متخصصان آب در دنیا با توجه به شرایط خاص در هر منطقه، به دنبال مدیریت بهینه آب می‌باشند (Asadi et al., 2016). مدیریت مناسب آب در مزارع برنج نقش کلیدی در سودمندی سایر نهاده‌های تولید دارد (Darzi et al., 2013). کاهش آب مصرفی و در نتیجه تنش یکی از تنش‌های مهم غیرزیستی است که با کاهش سطح برگ، انسداد روزنه‌ها، کاهش فعالیت‌های پروتوپلاسمی و تثبیت گاز کربنیک، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز تحت کلیه جنبه‌های رشد و نمو و عملکرد گیاه را تأثیر قرار می‌دهد (Jaleel et al., 2009 ; Rezaei et al., 2017). در مقایسه با کاشت برنج در غرقاب دائم، کاشت در آبیاری تحت کنترل، سبب ۳۶ درصد صرفه‌جویی در مصرف آب و ۳۶ درصد کاهش تبخیر - تعرق می‌شود (Alaei Bazkiae et al., 2019). اثر تیمار آبیاری (غرقاب دائم، ۵، ۸ و ۱۱ روز یک‌بار آبیاری) بر صفات عملکرد و اجزای عملکرد معنی‌دار نیست و این صفات بیشتر از آنچه که تحت تأثیر تیمارهای آبیاری اعمال شده باشد، تحت تأثیر شرایط جوی و تغییر عوامل هواشناسی می‌باشد (Taghizade et al., 2008). در واکنش به‌میزان دسترسی به منابع کودی به‌ویژه کود نیتروژن، خصوصیات مورفولوژیک مانند ارتفاع گیاه و فیزیولوژیک مانند شاخص سطح برگ، افزایش یا کاهش می‌یابد (Rezaei Sokhtabbandani & Ramzani, 2010; Peng, 2006). شاخص سطح برگ از شاخص‌های مهم فیزیولوژیک در عملکرد دانه و زیست‌توده گیاهی برنج محسوب می‌شود (Faraji et al., 2012). هرچند امروزه استفاده از کودهای شیمیایی به‌عنوان سریع‌ترین راه برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک و عملکرد بالا، گسترش چشمگیری یافته است، امّا در بسیاری موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های زیست‌محیطی و صدمات اکولوژیکی شده و هزینه تولید را افزایش می‌دهد (Salehifar et al., 2018). مهم‌ترین و بارزترین اثر مفید قارچ‌های میکوریزا، افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً به‌واسطه افزایش جذب عناصر غیر متحرک از خاک صورت می‌گیرد و همزیستی قارچ میکوریزا با برخی گیاهان از مهم‌ترین روابط متقابل مفید در اکوسیستم‌های زراعی است (Zad Behtouri et al., 2018; Aghababaei et al., 2011).

یکی از راه‌های بهبود کارآیی مصرف کودهای نیتروژنی و کاهش تلفات آن، مصرف همزمان با کودهای آلی و زیستی است. کودهای زیستی متشکل از ریزجانداران مفیدی هستند که هر یک به‌منظور خاصی مانند تثبیت نیتروژن، رهاسازی یون‌های فسفات، پتاسیم، آهن و غیره تولید می‌شوند. این ریزجانداران معمولاً در اطراف ریشه مستقر شده و گیاه را در جذب عناصر یاری می‌کنند (Wu et al., 2005 ; Vessey, 2003). تجزیه و تحلیل رشد گیاه و اندازه‌گیری عامل سطح برگ در فواصل معین از دوره رشد از جمله عامل مهم در بررسی عملکرد و رشد و نمو انجام می‌شود و پژوهشی نشان داد که ارقامی از برنج که شاخص سطح برگ بالاتری دارند، روند رشد بهتر و نیز عملکرد بالاتری خواهند داشت (Palangi et al., 2014 ; Carretero et al., 2010). تولید ارقام جدید پرمحصول برنج که دارای پتانسیل عملکرد بالاتری هستند، پاسخی مناسب به تقاضای روزافزون این محصول و راهکار مناسبی برای بهبود امنیت غذایی در کشور به نظر می‌رسد (Tarang et al., 2013). استفاده از باکتری‌ها (*ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم*) و مایکوریزا، به‌عنوان کود زیستی در افزایش جذب نیتروژن و در نتیجه، بهبود رشد چندین گیاه زراعی معرفی شده است (Maleki Narg et al., 2013). استفاده از کود زیستی بر خصوصیات فیزیولوژیکی شنبلیله (*Trigonella foenum-graceum* L.)، اثر مثبتی داشته و با افزایش دور آبیاری، در گیاه نوعی سازگاری به شرایط تنش خشکی ایجاد می‌گردد (Jaberi et al., 2018). قاسمی گوابر و همکاران (Ghasemi Gavabar et al., 2011) نشان دادند که تلقیح ریشه نشای برنج با کود زیستی *آزوسپیرولیوم* و *ازتوباکتر* بر تعداد برگ، تعداد پنجه در مترمربع، تعداد دانه پوک و میزان نیتروژن معنی‌دار بود. تلقیح باکتری *آزوسپیرلوم* و افزایش مقدار کود نیتروژن مصرفی، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه برنج می‌گردد (Moslehi

et al., 2016). کود زیستی نیتروکسین حاوی مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپریلیوم* می‌باشد که علاوه‌بر تثبیت نیتروژن هوا و متعادل کردن جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، با سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه نظیر هورمون‌های تنظیم‌کننده رشد مثل اکسین، همچنین ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک، سیانید هیدروژن و سیدروفور سبب رشد و توسعه ریشه و اندام‌های هوایی و افزایش کمیت و کیفیت محصول می‌گردد (Rezaienia et al., 2018). پناهی مورانـدینی و همکاران (Panahi Morandini et al., 2015) به‌منظور بررسی اثر مقدار نیتروژن، مصرف کود زیستی نیتروکسین و مقدار سیلیس بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج نشان دادند که اثر متقابل نیتروژن و کود زیستی بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود. کودهای زیستی، علاوه‌بر افزایش کیفیت محصول، بهترین راه برای جلوگیری از مصرف کودها و آلودگی‌های ناشی از مصرف زیاد آن‌ها می‌باشد (Rezaienia et al., 2018). اکنون با توجه به اهمیت مدیریت آب و مضرات کودهای شیمیایی و لزوم ارتقای کارایی و شاخص رشد ارقام برنج، هدف این پژوهش کاهش مصرف کودهای شیمیایی و استفاده ترکیبی با کودهای زیستی در مدیریت‌های مختلف آبیاری و تأثیر آن‌ها بر روند رشد، عملکرد و کارآیی مصرف آب ارقام برنج هاشمی (رقم غالب استان) و گیلانه (رقم جدید معرفی شده) می‌باشد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری)

Table 1- Physical and chemical characteristics of Soil of Experiment Farm (0-30 cm depth)

سال Year	پتاسیم قابل جذب K available (mg.kg-1)	فسفر قابل جذب P vailable (mg.kg-1)	نیتروژن کل N (mg.kg-1)	مواد آلی O.C (%)	اسیدیته pH	شوری EC (dS.m-1)	بافت Texture
2017	280	17.8	0.184	1.4	7.4	1.2	لومی رسی Clay loam
2018	290	17	0.155	1.4	7.4	1.2	

جدول ۲- اطلاعات هواشناسی سال ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ محل انجام طرح

Table 2- Meteorological information from the year 2016 and 2017 at the site of the project

سال Year	مشخصات هواشناسی Climatic item	فروردین 21 Mar.-20 Apr.	اردیبهشت 21 Apri.-16 May	خرداد 17 May-16 Jun.	تیر 17 Jun.-18 Jul.	مرداد 19 Jul.-18 Agu.	شهریور 20 Agu.-19 Sep.
2017	دما Tmean (°C)	13.6	19.3	23.6	26	28.2	26.9
	بارندگی Rainfall (mm)	86.2	27.8	18.6	13.8	0	61
	رطوبت Humidity (%)	78	78	75	74	71	75
	ساعات آفتابی Sunny hours (h)	140	169.2	229.1	232.5	293.7	245.8
2018	دما Tmean (°C)	13.7	19.4	23.1	28.1	27	25.1
	بارندگی Rainfall (mm)	20.4	37.2	48.7	30.8	68.4	13.8
	رطوبت Humidity (%)	76	74	75	73	77	74
	ساعات آفتابی Sunny hours (h)	145.9	170.4	230.3	295.4	164.9	209.7

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات برنج کشور (رشت) به‌منظور بررسی رژیم‌های مختلف آبیاری و کودهای زیستی (نیتروکسین) و شیمیایی نیتروژن بر شاخص سطح برگ، کارآیی

مصرف آب، عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم برنج، به‌صورت کرت‌های دوبار خرد شده برپایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو سال زراعی ۱۳۹۶ و ۱۳۹۷ اجرا شد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۳۶ متر و عرض جغرافیایی ۳۷ و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی بوده و محل آزمایش دارای آب و هوای معتدل و مرطوب است و میزان بارندگی سالانه بر حسب میانگین ۱۰ ساله برابر با ۱۳۳۰ میلی‌متر می‌باشد (Guilan Meteorological Quarterly, 2019). بافت خاک محل آزمایش لومی رسی با pH=۷/۴، هدایت الکتریکی در سال اول و دوم به‌ترتیب ۱/۲ و ۱/۱۲ دسی‌زیمنس بر متر و فسفر و پتاسیم قابل جذب در سال اول به‌ترتیب ۱۷/۸ و ۲۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در سال دوم به‌ترتیب ۱۷ و ۲۹۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود (جدول ۱). تیمارهای آزمایشی شامل عامل اصلی فواصل آبیاری (غرقاب، ۱۰ روز و ۱۵ روز)، عامل فرعی کود زیستی و شیمیایی نیتروژن (تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین، کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن) و عامل فرعی فرعی ارقام برنج (هاشمی و گیلانه) بود.

مزرعه محل انجام آزمایش سه بار شخم زده شد که شخم اول در اسفند ماه، شخم دوم در اواسط اردیبهشت همزمان با احداث خزانه و شخم سوم (پادلینگ) همزمان با نشاکاری برنج انجام شد. بذور در خزانه و زیر پوشش پلاستیکی پرورش داده شده و هنگامی که ارتفاع نشاءها ۲۰ تا ۲۵ سانتی‌متر رسید بعد از تلقیح نشاءها با نیتروکسین در تیمارهای مورد نیاز به زمین اصلی منتقل گردیدند. کود زیستی نیتروکسین مورد استفاده در این تحقیق، دارای مجموعه‌ای از مؤثرترین باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جنس *ازتوباکتر* و *آزوسپیریلیوم* می‌باشد که توسط مؤسسه فنی زیستی مهرآسیا تولید شده است. سهم هریک از جنس‌های باکتری در هر میلی‌لیتر نیتروکسین به تعداد 10^8 سلول زنده است. تلقیح با کودهای زیستی به‌علت حساس بودن باکتری‌ها به نور و گرما در سایه انجام شد (Taleie & Amini Dehaghi, 2015). با توجه به نتایج آزمون خاک، در زمان کاشت کود فسفر به‌فرم سوپرفسفات تریپل به‌میزان ۱۰۰ کیلوگرم بر هکتار و کود شیمیایی نیتروژن به‌فرم اوره بر حسب تیمارها به‌صورت پایه (۴۰ درصد کود) و سرک (در دو مرحله حداکثر پنجه‌زنی و آغاز گل‌دهی هرکدام ۳۰ درصد) به‌صورت دستی به زمین اصلی داده شد (Erfani Moghadam et al., 2018). آرایش کشت برنج ۲۰×۲۰ سانتی‌متر، ابعاد هر کرت آزمایشی ۳×۳ متر، تعداد ردیف‌های کاشت ۱۵ ردیف و تراکم بوته در هر کرت ۲۲۵ عدد بود. در طول دوره رشد برنج برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج از سم دیازینون (گرانول پنج درصد) و برای مدیریت علف‌های هرز از دو نوبت وجین دستی ۲۰-۱۵ روز بعد از نشاکاری و ۳۵-۲۰ روز پس از نشاکاری و مبارزه شیمیایی (بوتاکلر به‌میزان سه لیتر بر هکتار چهار روز پس از نشاکاری) انجام شد. برای تعیین تعداد خوشه در مترمربع، تعداد پنجه‌های خوشه‌دار و قابل برداشت در ۱۰ بوته به‌صورت تصادفی از هر کرت و در مرحله رسیدگی دانه شمارش و ثبت گردید. تعداد دانه در خوشه اصلی از ۲۰ خوشه هر کرت آزمایشی به‌صورت تصادفی بعد از رسیدن کامل دانه‌ها تعیین و میانگین داده‌ها ثبت شد. سپس دانه‌ها جدا شدند و تعداد دانه پر و پوک در هر خوشه شمارش گردید. وزن هزار دانه از دو نمونه دانه‌های پر در هر کرت آزمایشی توزین گردید. جهت تعیین عملکرد دانه نیز با رعایت اثر حاشیه یک مترمربع از هر کرت در مرحله رسیدگی کامل برداشت گردید و پس از محاسبه، بر حسب تن بر هکتار بیان شد. برای محاسبه شاخص سطح برگ بیشینه سه هفته بعد از نشاکاری به‌فاصله هر ۱۵ روز تا مرحله برداشت پنج مرحله نمونه‌برداری صورت گرفت و در هر نمونه‌برداری تعداد چهار کپه به‌طور تصادفی انتخاب و کف‌بر شدند. سطح برگ نمونه‌ها با استفاده از دستگاه تعیین سطح برگ (LI-3100, LI-cor, Lincoln, NE) اندازه‌گیری شد.

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب مورد استفاده در آزمایش

Table 2- Chemical properties of used water in the experiment

نوع آب Water type	نسبت جذب سدیم SAR ($me.l^{-1}$)	سدیم Na^+ ($mg.l^{-1}$)	منیزیم Mg^{++} ($mg.l^{-1}$)	کلسیم Ca^{++} ($mg.l^{-1}$)	سولفات So_4 ($mg.l^{-1}$)	کلر Cl^- ($mg.l^{-1}$)	بی-کربنات HCO_3^- ($mg.l^{-1}$)	کربنات CO_3^{--} ($mg.l^{-1}$)	کل مواد جامد در محلول TDS ($mg.l^{-1}$)
C3S1[1]	3.1	5.4	1.8	4.2	0.42	4.4	4.6	1.2	598

۱. آب‌های متوسط برای کشاورزی از نظر شوری و نمودار ویلکاکس

بعد از اندازه‌گیری سطح برگ، روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد و نمو از معادله زیر محاسبه شد:

معادله (۱) $LAI=LA/GA=e^{(a+bt+ct2)}$

که در آن، LA: سطح برگ اندازه‌گیری شده، GA: مساحت فضای نمونه‌برداری، a، b و c: ضرایب رگرسیونی و e: پایه لگاریتم طبیعی و T: زمان می‌باشد. سپس شاخص سطح برگ بیشینه هر کرت در طول دوره رشد یادداشت و سپس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت (Faraji et al., 2012). کارآیی مصرف آب از معادله زیر محاسبه گردید (Zhou et al., 2017):

معادله (۲)

آب باران+ مقدار آب آبیاری (مترمکعب در مترمربع)/عملکرد دانه (کیلوگرم در مترمربع)= کارآیی مصرف آب

میزان آب ورودی (آبیاری و باران) به کرت‌ها با استفاده از یک کنتور حجمی اندازه‌گیری شد. از اطلاعات تشتک تبخیر مستقر در تحقیق برای برنامه آبیاری استفاده شد. پس از انجام آزمون بارتلت و اطمینان از یکنواختی اشتباه آزمایشی، تجزیه واریانس مرکب و محاسبات آماری با استفاده از برنامه آماری SAS، مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و اجزای آن

تجزیه واریانس مرکب عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که اثر سال بر عملکرد معنی‌دار و بر تعداد خوشه دربوته، تعداد دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و وزن هزاردانه غیرمعنی‌دار بود. اثرات آبیاری، کود، رقم و اثرات سه‌گانه روی عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. همچنین، برهمکنش سال در رقم بر تعداد خوشه در بوته و وزن هزار دانه، سال در کود در آبیاری و اثر اصلی کود و رقم بر تعداد خوشه در بوته معنی‌دار شدند (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها در سال اول نشان داد بیش‌ترین عملکرد دانه در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه در رقم گیلانه و دور آبیاری غرقاب معادل ۴/۱۶ تن بر هکتار و پایین‌ترین مقدار آن نیز در رقم هاشمی در دور آبیاری ۱۵ روز و تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین و معادل ۱/۴ تن بر هکتار (کاهش ۶۵ درصدی) در سال دوم مشاهده شد (جدول ۵). عملکرد در سال دوم (میانگین کل سه درصد) بیشتر از سال اول بود که دلیل آن را می‌توان به شرایط آب و هوایی (میزان بارندگی در فصل رشد در سال اول حدود ۶۰ میلی‌متر و در سال دوم ۱۸۵ میلی‌متر بود و میزان ساعات آفتابی در خرداد و تیر سال اول ۴۶۲ ساعت و در سال دوم ۵۲۶ ساعت بود) سال دوم نسبت داد. در بین دو رقم مورد مطالعه رقم اصلاح‌شده گیلانه حدود ۱۷ درصد عملکرد بیش‌تری را نسبت به رقم محلی هاشمی نشان داد. لازم به ذکر است که رقم گیلانه با داشتن تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و تعداد دانه پر در خوشه بیش‌تری در پژوهش حاضر بود.

افزایش دور آبیاری باعث کاهش تعداد خوشه در بوته، تعداد دانه در خوشه و افزایش تعداد دانه پوک در خوشه گردید که در نتیجه آن عملکرد دانه نیز کاهش یافت. این کاهش از آبیاری غرقاب به آبیاری ۱۰ روز حدود ۲۷/۷ درصد و در دور آبیاری ۱۵ روز ۴۱/۶ درصد بود. در این تحقیق با افزایش دور آبیاری و استفاده ترکیبی از کود شیمیایی نیتروژنی و زیستی میزان عملکرد شلتوک بیش‌تر شد. بر اساس نتایج پژوهش حاضر احتمالاً کود زیستی توانایی کاهش مصرف کود شیمیایی اوره در تولید برنج در دو رقم هاشمی و گیلانه را دارا می‌باشد. رقم گیلانه در دور آبیاری بالاتر زمانی که ۱۰۰ درصد کود نیتروژن مصرف شده بود عملکرد بیش‌تری نسبت به سایر تیمارها داشت و می‌تواند به‌دلیل پاسخ پذیر بودن این رقم به کود نسبت به رقم هاشمی باشد (Kavoosi & Allagholipour, 2017). محدودیت در منابع آبی باعث کاهش رشد، بسته‌شدن روزنه‌ها، کاهش فتوسنتز، تحت تأثیرقرار گرفتن تنفس، کاهش فضای بین سلولی، تخریب پروتئین‌ها، تخریب آنزیم‌ها، کاهش تشدیدکننده‌های رشد، تجمع پرولین و کوتاه شدن دوره رویشی و شروع زودهنگام رشد زایشی می‌شود، در نتیجه عملکرد و اجزای عملکرد کاهش می‌یابد (Mohammadi et al., 2006; Tarighislami et al., 2012). با توجه به پاکوتاه بودن و تعداد دانه در خوشه بالاتر رقم گیلانه در اواخر دوره رشد رویشی نیتروژن اضافه شده به خاک را بیشتر صرف پرکردن دانه‌ها کرده و در نتیجه، عملکرد دانه افزایش می‌یابد. در تحقیقی کمترین عملکرد دانه برنج (Lowland) در تیمار عدم مصرف نیتروژن و بیشترین آن در تیمار مصرف ۹۰ کیلوگرم بر هکتار نیتروژن به‌دست آمد (Belder et al., 2005). رقم هاشمی تعداد خوشه

کمتری بر مترمربع (۲۲۴) نسبت به رقم گیلانه (۲۶۶) نشان داد. تعداد خوشه بر مترمربع در تیمار آبیاری غرقاب حدود ۱۳ درصد بیشتر از دور آبیاری ۱۰ روز و ۱۵ روز یک‌بار بود. در شرایط کم‌آبی و افزایش دور آبیاری احتمالاً به‌علت افزایش تعداد پنجه و افزایش رقابت بین پنجه-ها از تعداد پنجه مؤثر کاسته و تعداد خوشه کاهش می‌یابد (Hazra & Subhash, 2014). تعداد دانه در خوشه در تیمار غرقاب و تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه و تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز و رقم گیلانه بیش‌تر از سایر تیمارها نشان داد. تعداد دانه پوک در تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه ۱۹ درصد بیشتر از تیمار تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز بود. در سطوح زیاد کود نیتروژن تعداد دانه‌های پوک افزایش نشان می‌دهد که می‌تواند ناشی از تولید تعداد دانه بیش‌تر در اثر مصرف بیش‌تر نیتروژن و کمبود سایر منابع غذایی باشد (Niknejad et al., 2016).

وزن هزار دانه میان ارقام از نظر آماری در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار داشت، امّا اثرات آبیاری و کود شیمیایی و زیستی بر این صفت معنی‌دار نبود. بیش‌ترین مقدار وزن هزاردانه را رقم هاشمی داشت. کودهای زیستی پتانسیل کاهش مصرف کودهای شیمیایی را دارا می‌باشند. در تحقیقی کاربرد کود زیستی توانست بیش‌ترین شاخص برداشت و عملکرد دانه و تعداد دانه در گیاه دارویی زنیان را به دنبال داشته باشد. کاربرد کودهای زیستی به‌خصوص در شرایط کم-آبی با بهبود رشد ریشه و افزایش آسیمیلاسیون مواد فتوسنتزی به-علت افزایش سطح برگ و افزایش ظرفیت فتوسنتزی در دوره قبل از گل‌دهی، می‌تواند در مرحله پس از گل‌دهی با انتقال مجدد این مواد فتوسنتزی از منبع به مخزن باعث افزایش عملکرد گیاه شود (Rezaei Chianeh et al., 2017). کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی با کود زیستی باعث حصول بیشتر عملکرد دانه نسبت به کاربرد تنهایی هر کدام از کودهای شیمیایی و زیستی می‌شود. کاربرد ترکیبی کودهای شیمیایی و کودهای زیستی در افزایش کارایی مصرف کودهای شیمیایی تأثیر معنی‌دار دارد (Mirzakhani & Sajedi, 2015). اثر متقابل نیتروژن و پتاسیم بر تعداد سنبلچه در خوشه معنی‌دار بود و تیمار ۹۰ کیلوگرم نیتروژن به‌علاوه ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم بیش‌ترین تعداد سنبلچه در خوشه را داشت (Esfahani et al., 2005).

شاخص سطح برگ

تجزیه واریانس مرکب شاخص سطح برگ بیشینه نشان داد که اثر سال بر این صفت معنی‌دار شد. اثر ساده آبیاری، کود و رقم و اثر دوگانه آبیاری در کود، رقم در کود، رقم در آبیاری و اثر سه گانه آبیاری در کود در رقم در سطح یک درصد بر شاخص سطح برگ بیشینه معنی‌دار شدند (جدول ۴). مصرف ۱۰۰ درصد کود نیتروژنی در رقم گیلانه در آبیاری غرقاب بیش‌ترین شاخص سطح برگ بیشینه معادل ۴/۵۲ در سال اول و ۴/۷۹ در سال دوم را نشان داد و رقم هاشمی در دور آبیاری ۱۵ روز و تلقیح نشاءها در کود نیتروکسین کم-ترین شاخص سطح برگ بیشینه معادل ۱/۴۸ در سال اول و ۱/۵۳ در سال دوم را نشان دادند (جدول ۵). به‌طور کل، می‌توان گفت که این شاخص در تیمار آبیاری غرقاب وضعیت بهتری را نسبت به تیمارهای با دور آبیاری ۱۰ روز و ۱۵ روز در هر دو سال نشان داد و با افزایش دور آبیاری شاخص سطح برگ کاسته شده است. کمبود آب در مراحل رشد برنج خصوصاً در اوایل دوره رشد باعث کوچک شدن برگ در نتیجه کاهش سطح برگ گیاه می‌شود (Sedaghat et al., 2017). شاخص سطح برگ بیشینه در سال دوم مطالعه بیش‌تر از سال اول بود. به نظر می‌رسد دریافت دمای بالاتر در این سال (۱۲۰۰/۶۱ درجه روز در مقایسه با ۱۱۸۰/۴ درجه روز)، ساعات آفتابی بیش‌تر و همچنین بارندگی بیش‌تر در سال دوم به همراه مصرف کود نیتروژنی و زیستی موجب رشد رویشی بیش‌تر و کسب شاخص سطح برگ بیشینه بیش‌تر شده باشد. در این تحقیق، مصرف کود شیمیایی نیتروژنی به‌صورت شیمیایی و ترکیب با کود زیستی سبب افزایش شاخص سطح برگ بیشینه در مقایسه با تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی شد. در تمامی تیمارها شاخص سطح برگ در طول مراحل رشدی تا مرحله زایشی افزایش یافته و پس از آن به‌دلیل پیری و ریزش برگ‌ها کاهش می‌یابد. هر چند که تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن در چند روز پس از مصرف سطح برگ را بالاتر از تیمار ترکیبی کود نیتروژنی و کود زیستی و تیمار مصرف فقط کود زیستی افزایش داده بود، امّا تیمار ترکیبی کود در دورهای آبیاری به تیمار کود نیتروژن نزدیک شد و باعث افزایش شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری گردید. مصرف کود نیتروژن بعد از نشاکاری در برنج، شاخص سطح برگ را افزایش داد (Tahaei Rudsari & Ashouri, 2019).

جدول ٤- تجزیه واریانس مرکب اثر تیمارهای آزمایش بر عملکرد، اجزای عملکرد، شاخص سطح برگ و کارآیی مصرف آب در دو سال زراعی (۱۳۹۷ و ۱۳۹۸)

Table 2- Combined analysis of variance for effect of experimental treatments yield and yield components, LAI_{max} and WUE in two cropping years (2017-2018)

		میانگین مربعات Mean of squares						
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه Grain yield ($t.ha^{-1}$)	تعداد خوشه در بوته Panicle No.	تعداد دانه در خوشه Grain No.	وزن هزار دانه 1000-grain weight (g)	تعداد دانه پر در خوشه Filled grains	شاخص سطح برگ LAI_{max}	کارآیی مصرف آب WUE (kg grain.m^{-3})
سال Year	1	0.187*	2623.4	47.7	0.0057	7.78	0.084**	0.011**
بلوک داخل سال Rep. in year	4	0.018	400.39	133.39	0.056	118.9	0.0021	0.0006
آبیاری Irrigation	2	17.76**	8135	2604.7**	0.342	1611.4**	17.63**	0.064**
سال × آبیاری Year×irrigation	2	0.03	716.8	171.5	0.695	366.3	0.064**	0.0022
خطای فاکتور آبیاری Rep.×irrigation in year	8	0.086	242.5	903.25	0.155	287.8	0.001	0.00032
کود Fertilizer	2	6.38**	33518.7**	1987.87**	1.11	956.3**	13.24**	0.29**
سال × کود Year×fertilizer	2	0.008	1545.3	41.6	0.201	177.8	0.067**	0.0029
آبیاری × کود Irrigation×fertilizer	4	0.73	5554**	878.8*	0.089	1024.2**	0.92**	0.01**
سال× کود× آبیاری Year×fertilizer×irrigatio n	4	0.124**	2707.4**	117.2	0.161	54.84	0.079**	0.01**
خطای فاکتور کود Rep.×fertilizer in year	24	0.009	449.2	225.2	0.228	187.5	0.0049	0.00046
رقم Cultivar	1	5.62**	48012.65**	4776.03**	42.75**	2196**	12.11**	0.76**
سال × رقم Year×cultivar	1	0.099	4979**	2.93	14.58**	135.5	0.187**	0.0022
رقم × آبیاری Cultivar×irrigation	2	0.096*	1183.4	388.8	0.179	42.3	0.173**	0.0057
سال× رقم× آبیاری Year×irrigation× cultivar	2	0.108**	325.6	289.7	0.668	88.7	0.465**	0.0071**
کود ×رقم Fertilizer× cultivar	2	0.021	5936.5**	465.8	0.899	78	0.18**	0.0078**
سال× کود× رقم Year×fertilizer× cultivar	2	0.104*	134.3	41.9	0.176	72.9	0.171**	0.007**
آبیاری× کود× رقم Irrigation× fertilizer× cultivar	4	0.189*	1454.57	199.57	0.535	40.18	0.306**	0.009**
سال×آبیاری×کود×رقم Year×cultivar×fertilizer ×irrigation	4	0.081*	1381.8	66.99	0.31	37.8	0.092**	0.007**
خطای باقی‌مانده Error	36	0.0217	597.6	318.42	1.63	177.2	0.007	0.0014
ضریب تغییرات CV (%)		5.17	7.49	17.6	4.4	13.7	2.86	6.73

*و**: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

* and **: Significant at 0.05 and 0.01 probability level.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و شاخص سطح برگ دو گونه برنج

Table 5- Comparison of mean values of Grain yield and LAI $_{max}$ in two rice cultivars

تیمارها Treatments			عملکرد دانه Grain yield (t.ha^{-1})		شاخص سطح برگ LAI $_{max}$	
آبیاری Irrigation	**مقدار کود Fertilizer**	**رقم Cultivar**	**2017**	**2018**	**2017**	**2018**
Flooding غرقاب	Treat 1 تیمار یک	Gilaneh گیلانه	2.85^{c}	2.8^{c}	2.76^{g}	2.93^{fg}
		Hashemi هاشمی	2.53^{d}	2.3^{f}	2.36^{hi}	2.17^{k}
	Treat 2 تیمار دو	Gilaneh	3.93^{a}	3.85^{a}	4.03^{b}	4.17^{b}
		Hashemi	3.12^{bc}	3.43^{b}	3.77^{cd}	3.63^{cd}
	Treat 3 تیمار سه	Gilaneh	4.14^{a}	3.99^{a}	4.52^{a}	4.79^{a}
		Hashemi	3.26^{b}	3.54^{b}	3.96^{bc}	2.82^{g}
10 days دور آبیاری ۱۰ روز	Treat 1 تیمار یک	Gilaneh	1.69^{f}	2.07^{g}	2.5^{h}	2.54^{hi}
		Hashemi	1.5^{gf}	1.99^{gh}	2.06^{kl}	2.14^{k}
	Treat 2 تیمار دو	Gilane	3.26^{bc}	2.9^{c}	4.02^{b}	3.75^{c}
		Hashemi	2.32^{de}	2.6^{de}	3.17^{f}	3.12^{ef}
	Treat 3 تیمار سه	Gilaneh	2.79^{cd}	2.73^{d}	3.69^{de}	3.82^{c}
		Hashemi	2.44^{d}	2.48^{ef}	3.45^{e}	3.33^{e}
15 days دور آبیاری ۱۵ روز	Treat 1 تیمار یک	Gilane	2.1^{e}	2.09^{g}	2.079^{k}	2.14^{k}
		Hashemi	1.36^{g}	1.46^{i}	1.48^{o}	1.53^{n}
	Treat 2 تیمار دو	Gilaneh	2.06^{e}	2.1^{g}	2.76^{g}	2.58^{h}
		Hashemi	1.75^{f}	1.89^{h}	1.78^{mn}	1.89^{lm}
	Treat 3 تیمار سه	Gilaneh	2.08^{e}	2.54^{e}	2.83^{g}	2.72^{gh}
		Hashemi	1.97^{ef}	1.83^{h}	1.89^{lm}	2.037^{kl}

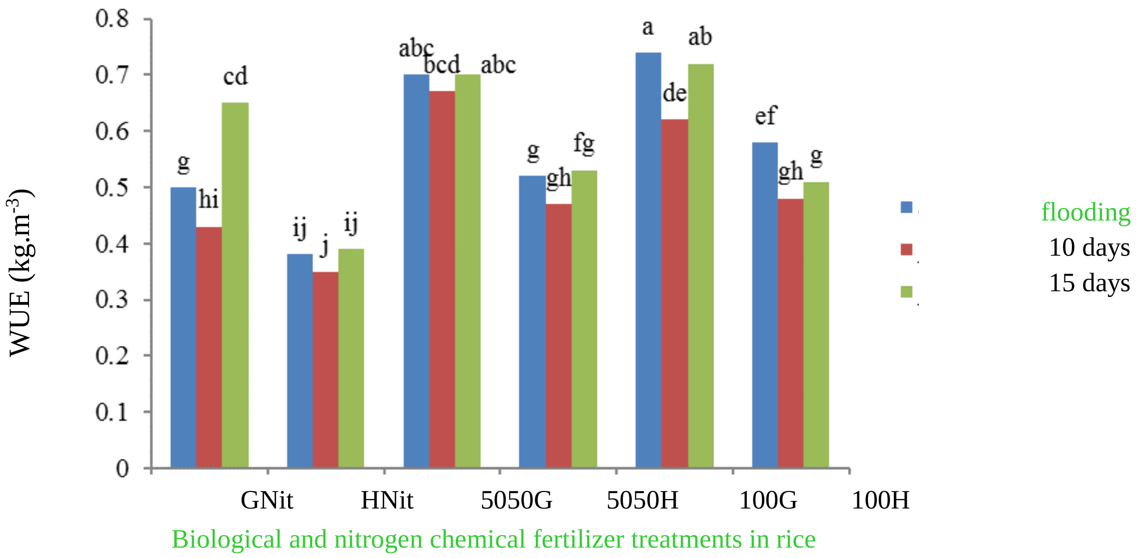
* تیمار ۱: تلقیح ریشه نشاء با کود نیتروکسین، تیمار ۲: تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه، تیمار ۳: ۱۰۰ درصد کود شیمیایی

* Treatment 1: Inoculation of seedling root with nitroxin fertilizer, Treatment 2: inoculation of seedling root with nitroxin biofertilizer + 50% chemical fertilizer required by the plant, Treatment 3: 100% chemical fertilizer nitrogen

کارآیی مصرف آب

جدول تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر ساده آبیاری، کود و رقم، اثر دوگانه آبیاری در کود، کود در رقم و آبیاری در رقم و اثر سه گانه آبیاری در کود در رقم در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف آب معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد رقم گیلانه در تیمار آبیاری ۱۵ روز و مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه بیش‌ترین کارایی مصرف آب را در دو سال نشان داد که با تیمارهای دور آبیاری ۱۵ روز با مصرف تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه این رقم تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۱). در پژوهش حاضر در دو سطح کودی تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه در دور آبیاری ۱۰ و ۱۵ روز، کارایی مصرف آب بهتری نسبت به غرقاب در هر دو رقم نشان دادند. بومن و همکاران (Bouman et al., 2007) در تحقیقی مقدار بهره‌وری آب مبتنی بر تبخیر و تعرق را ۱/۴ کیلوگرم دانه برنج به ازای هر مترمکعب تبخیر و تعرق دانسته‌اند. بالابودن کارایی مصرف آب در رقم گیلانه در مقایسه با رقم هاشمی در همه سطوح آبیاری و کوددهی مشاهده شد که می‌تواند ناشی از عملکرد بیش‌تر در این رقم باشد. غلامی و همکاران (Gholami Salkouyeh et al., 2012) در بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری و کود نیتروژنی بر عملکرد برنج و کارایی مصرف آب نتایج مشابهی را گزارش کرده و بیان کردند که عدم مصرف کود نیتروژن در تمام تیمارهای آبیاری منجر به کاهش شدید کارآیی مصرف آب شده است. افزایش کارایی مصرف آب در گیاهان زراعی ناشی از فراهمی نیتروژن گزارش شده است (Hatfield et al., 2001; Teixeira et al., 2014; Ashouri, 2014). فراهمی کود نیتروژنی مشابه با فراهمی آب با افزایش عملکرد ناشی از بهبود زیست‌توده اندام هوایی، کارایی مصرف آب را بهبود دهد

(Boomsma et al., 2009). در پژوهش حاضر نیز افـزایش عملکـرد دانه و اجزای عملکرد همسو با کارایی مصرف آب در تیمارهای کودی تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیاز گیاه و ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن مورد نیـاز گیاه در مقایسه با تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین مشـاهده شد.



۱۵ روز)■**۱۰ روز،**■**غرقاب،**■**(شکل ۱- مقایسه میانگین اثر سه گانه آبیاری، کود و رقم بر عملکرد دانه دو رقم برنج**

Fig. 1- The triple effect of irrigation, fertilizer and cultivar on grain yield of two rice cultivars (■flooding, ■10 days, ■15 days)

)، تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود HNit)، تلقیح ریشه نشاء رقم هاشمی در کود نیتروکسین (GNitتلقیح ریشه نشاء رقم گیلانه در کود نیتروکسین (
)، مصرف ۱۰۰ درصد کود 5050H)، تلقیح ریشه نشاء با کود زیستی نیتروکسین + ۵۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن در رقم هاشمی (5050Gشیمیایی نیتروژن در رقم گیلانه (
)100H)، مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نیتروژن در رقم هاشمی (100Gشیمیایی نیتروژن در رقم گیلانه (

Inoculation of Gilaneh seedlings in nitroxin fertilizer (GNit), Inoculation of Hashemi cultivar seedlings in nitroxin fertilizer (HNit), Inoculation of seedling roots with nitroxin biofertilizer + 50% nitrogen chemical fertilizer in Gilaneh cultivar (5050G), Inoculation of seedling roots with nitroxin biofertilizer + 50% nitrogen chemical fertilizer in Hashemi cultivar (5050H), Consumption of 100% nitrogen chemical fertilizer in Gilaneh cultivar (100G), Consumption of 100% nitrogen chemical fertilizer in Hashemi cultivar (100N)

نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج این آزمایش می‌تـوان مصـرف ترکیبـی کودهـای زیستی و شیمیایی نیتروژن بـر روی عملکـرد، کـارآیی مصـرف آب و شاخص سطح برگ ارقام برنج (هاشمی و گیلانه) تأثیر مثبت داشت. با افـزایش دور آبیـاری تیمارهـای تلقـیح ریشـه نشـاء بـا کـود زیسـتی نیتروکسین + ۵۰ درصـد کـود شـیمیایی نیتـروژن مـورد نیـاز گیـاه و مصرف ۱۰۰ درصد کود نیتروژنی مورد نیاز گیاه، به‌طور ویژه‌ای میزان مصرف آب و به تبع آن کارآیی مصرف آب و بهـره‌وری آب را تحـت تأثیر قرار می‌دهد. شاخص سطح برگ از جملـه عوامـل تأثیرگـذار در عملکرد دانه بود. کود زیستی به همراه کود شـیمیایی نیتـروژن باعـث افزایش شاخص سطح برگ محصول گردید. کود نیتروژن نسـبت بـه کود زیستی تعداد دانه پوک در خوشه را ۱۹ درصد افـزایش داده بـود. تعداد دانه در خوشه، تعداد خوشه بر مترمربع، شـاخص سـطح بـرگ و عملکرد رقم گیلانه نسبت بـه رقـم هاشـمی بـالاتر بـود. در شـرایط افزایش دور آبیاری و کم‌آبـی کودهـای زیسـتی بـا تـأثیر مثبـت روی فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه توانست تا حدی از بروز اثرات سوء کـم-آبی بر گیاه زراعی برنج کاسته و مانع از کاهش شـدید عملکـرد دانـه شود و علاوه‌بر تولید محصول کافی و بهبود کـارایی جـذب نیتـروژن، مصرف کود شیمیایی نیتروژن را بـه‌میـزان ۵۰ درصـد کـاهش دهـد.

بهینه‌سازی مصرف نهاده‌های کشاورزی وکاربرد کودهای زیستی می‌تواند جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهـای شـیمیایی بـوده و در جهت رسیدن به توسعه پایدار از اهمیت اساسی برخوردار است.

References

Aghbabaei, F., Raiesi, F., & Nadian, H.(2011). The effect of mycorrhiza existence on the uptake of food elements by some of the commercial genotypes of the almond plant on a sandy soil. *Iranian Journal of Soil Research*, *25*(2), 137-147. (In Persian with English Summary)

Alaei Bazkiae, P., Kamkar, B., Amiri, E., Kazemi, H., & Rezaei, M.(2019). Effect of irrigation management and planting date on yield and productivity of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal Crop Production*, *12*(4), 157-170. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.22069/EJCP.2020.16513.2231.

Asadi, R., Alizadeh, A., Ansari, H., Kavousi, M., & Amiri, A.(2016). The effect of water and nitrogen consumption on yield, yield components and water productivity in rice cultivation. *Water Research Agriculture*, *30*(2),157-145. (In Persian with English Summary)

Ashouri, M. (2014). Water use efficiency, irrigation management and nitrogen utilization in rice production in the north of Iran. *APCBEE Procedia*, *8*, 70–74. (In Persian with English Summary). https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.03.003

Belder, P., Spiertz, J. H. J., Bouman, B.A.M., Lu, G., & Tuong, T.P. (2005). Nitrogen economy and water productivity of lowland rice under water-saving irrigation. *Field Crops Research*, *93*, 169–185. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2004.09.022.

Boomsma, C.R., Santini, J.B., Tollenaar, M., & Vyn, T. J.(2009). Maize morphophysiological responses to intense crowding and low nitrogen availability: An analysis and review. *Agronomy Journal*, *101*, 1426–1452. https://doi.org/10.2134/agronj2009.0082.

Bouman, B.A.M., Feng L., Tuong, T.P., Lu, G., Wang, H., & Feng, Y.(2007). Exploring options to grow rice under water-short conditions in northern China using a modelling approach. II: Quantifying yield, water balance components, and water productivity. *Agriculture Water Management*, *88*, 23-33. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.10.006.

Carmelita, M., Alberto, R., Wassmann, R., Hirano, T., Miyata, A., Hatano, R., Kumar, A., Padre, A., & Amante, M. (2011). Comparisons of energy balance and evapotranspiration between flooded and aerobic rice fields in the Philippines. *Agriculture Water Management*, *98*, 1417-1430. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2011.04.011.

Carretero, R., Serrago, R.A., Bancal, M.O., Perello, A.E., & Miralles, D.J. (2010). Absorbed radiation and radiation use efficiency as affected by foliar diseases in relation to their vertical position into the canopy in wheat. *Field Crop Research*, *116*, 184-195. DOI : 10.1016/j.fcr.2009.12.009.

Darzi, A.A., Mirlotfi, S.M., Shahnazari, A., Ejlali, F., & Mahdian, M.H. (2013). Effect of surface and subsurface drainage in paddy fields on rice yield and its components. *Iranian Journal Water Research Agriculture*, *26*, 61-70. (In Persian with English Summary)

Erfani Moghadam, R., Nabipour, A.R., & Nori, M.Z. (2018). Guidelines for sustainable rice production under sustainable agricultural conditions. *Agricultural Research, Education and Extension Organization*, 318 p. (In Persian)

Esfahani, M., Sadrzadeh, S.M., Kavousi, M., & Dabaghmohammadi Nasab, A.(2005). Study the effect of different levels of nitrogen and potassium fertilizers on yield, yield components and growth of rice c.v. Khazar. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *7*(3), 226-241. (In Persian with English Summary)

Faraji, F., Esfahani, M., Kavousi, M., Nahvi, M., & Rabiee, B. (2012). Effect of nitrogen fertilizer quantities and manner on growth and yield indices of Caspian rice. *Iran Journal Crop Science*, *43*(2), 333-323. (In Persian with English Summary)

Ghasemi Gavabar, M., Shakori, M.J., Daneshian, J., & Akhgari, H.(2012). Investigating the combined role of ecological bacteria on physiological and morphological characteristics of rice Hashemi cultivar. *Journal of Plant Production Science*, *2*(2), 31-36. (In Persian with English Summary)

Gholami Salkouyeh, S., Amiri, E., & Abdzad Gohari, A.(2012). Effect of irrigation cycle and nitrogen fertilizer amounts on yield, efficiency and water consumption of corn in Guilan province. *Journal Water Research. Agriculture*, *26*(4), 472-484. (In Persian with English Summary)

Guilan Meteorological Quarterly. 2019. Statistics, 24 p. (In Persian)

Hatfield, J.L., Sauer, T.J., & Prueger, J. H. (2001). Managing soils to achieve greater water use efficiency: A review. *Agronomy Journal*, *93*, 271–280.

Hazra, K.K., & Subhash, C.(2014). Effect of Extended Water Stress on Growth, Tiller Mortality and Nutrient Recovery under System of Rice Intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biology Science*, *86*(1), 105-113. DOI:10.1007/s40011-014-0415-7.

Jaberi, M., Baradaran, R., Mosavi, G., & Aghhavani Shajari, M. (2018). Effect of biofertilizers and irrigation management on physiological indices of fenugreek (*Trigonella foenum- graecum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, *9*(32), 142-151. (In Persian with English Summary)

Jabran, K., & Chauhan, B.S.(2015). Weed management in aerobic rice systems. *Crop Protection*, *78*, 151-163. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2015.09.005.

Jaleel, C.A., Manivannan, P., Wahid, A., Farooq, M., Al-Juburi, H. J., Somasundaram, R., & Panneersel Vam, R. (2009). Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. *International Journal Agricultural Biology*, *11*(1), 100-105.

Kavoosi, M., & Allagholipour, M. (2017). Effect of rate and split application of nitrogen fertilizer on growth and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) cvs. Gilaneh and Abjiboji. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *19*(2), 165-180. (In Persian with English Summary)

Lopez, L.A.M., Ivera, R.M., Herrera, O.R., & Naval, W.T. (2019). Relationship between growth traits and yield formation in Indica-type rice crop. *Agronomía Mesoamerican*, *230*(1), 79-100. http://dx.doi.org/10.15517/ma.v30i1.29671.

Maleki Narg, M., Balouchi, H.R., Farajee, H., & Yadavi, A. (2013). The effect of nitrogen and phosphorus chemical and biological fertilizers on grain yield and qualitative traits of sweet corn. *Agricultural Science and Sustainable Production*, *23*(3), 89-104. (In Persian with English Summary)

Mirzakhani, M., & Sajedi A. (2015). Evaluation of biological and chemical fertilizers on fertilizer use efficiency, grain yield and yield components of sunflower. *Journal of Agricultural Science*, *25*(1), 139-153. (In Persian with English Summary)

Mohammadi, A., Majidi, E., Bihamta, M.R., & Heidari Sharifabad, H. (2006). Evaluation of drought stress on morphological agronomic characteristics in a number of wheat cultivars. *Research and Construction (Agriculture and Horticulture)*, *73*, 184-192.

Moslehi, N., Nikonjad, Y., Fallah Ameli, H., & Kheiri, N. (2016). The effect of combined application of chemical, organic and biological fertilizers on some morphophysiological traits of Tarom Hashemi rice. *Journal of Crop Physiology*, *8*(30), 103-87. (In Persian with English Summary)

Niknejad, Y., Daneshian, J., Shirani Rad, A.H., & Pirdashti, H.A. (2016). Evaluation of plant growth enhancing bacteria efficiency on yield and yield components of rice under dehydration and reduced nitrogen levels. *Journal Agriculture*, *112*, 19-9. (In Persian with English Summary)

Palangi, M., Pirmoradian, N., Karimi, V.A., & Amiri Larijani, B. (2014). The effect of Mia Nafsl surface drainage on growth trend, physiological indices and rice yield of Tarom Hashemi cultivar. *Cereal Research*, *4*(4), 278-267. (In Persian with English Summary)

Panahi Morandini, N., Rahimi Petroudi, A., & Masoumi Georgian, E. (2015). The Effect of Nitrogen (Nitroxin) Stabilizing Bacteria, Nitrogen and Silica on Yield and Yield Components of Rice Yield, The first national congress for the development and promotion of agricultural engineering and soil sciences in Iran. 15 p. (In Persian)

Peng, S., 2006. Single leaf & canopy photosynthesis of rice. Elsiver Science. Amsterdam. pp. 213-228.

Rezaei Chianeh, A., Rahimi, A., Sheikh, F., and Mahiji, M. (2017). Reaction of some agronomic characteristics of beans to biofertilizers under water stress. *Production Crops*, *10*(4), 120-107. (In Persian with English Summary)

Rezaei Sokhtabbandani, R., & Ramezani, M. (2010). Surveying the effects of irrigation interval and nitrogen fertilizer on physiological index of growth and yield of silage corn (hybrid S.c704) in climatic conditions of Mazandaran province. *Crop Physiology Journal*, *7*(12), 18-35. (In Persian with English Summary)

Rezaienia, N., Ramroudi, M., Galavi, M., & Forouzandeh, M. (2018). Effects of bio-fertilizers on physiological traits and absorption of some nutrients of chicory (*Cichorium intybus* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *15*(4), 925-938. (In Persian with English Summary)

Salehifar, M., Afshar Mohammadian, M., Kavousi, M., Tjadoditalab, K., & Shukrivahed, H. (2018). Comparative

evaluation of the effect of organic and mineral fertilizers on yield, yield components and rice growth indices. *Cereal Research*, *8*(3), 305-291. (In Persian)

Sedaghat, N.A., Pirdashti, H.A., Rahemi Karizki, A., & Safikhani, S. (2017). Evaluation of growth indices of two improved and native rice cultivars in different irrigation managements. *Plant Ecophys*, *9*(29), 79-65. (In Persian with English Summary)

Taghizade, M., Esfahani, M., Davatgar, N., & Madani, H. (2008). Effects of irrigation management and nitrogen fertilizer on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). *New Finding in Agriculture*, *2*(4), 353-364. (In Persian with English Summary)

Tahaei Rudsari, S. L., & Ashouri, M.(2019). Effect of plant density and nitrogen fertilizer on yield, yield components and growth indices of Tarom Hashemi rice in Rudsar. *Applied Agronomy Studies*, *32*(1), 1-12. (In Persian with English Summary)

Taleie, G.H., & Amini Dehaghi, M. (2015). Effects of bio and chemical fertilizers on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *Iranian Journal Medicinal Aromatic Plants*, *30*(6), 931-942. (In Persian with English Summary)

Tarang. A., Hossieni Chaleshtary, M., Tolghilani, A., & Esfahani, M. (2013). Evaluation of grain yield stability of pure lines of rice in Guilan province. *Iran Journal Crop Science*, *15*(1), 24-34. (In Persian with English Summary)

Tarighislami, M., Zarghami, R., Mashhadi Akbarbojar, M., & Oveisi, M. (2012). Effect of drought stress and nitrogen fertilizer amounts on physiological health of corn maize. *Journal Agricultural Plant Breeding*, *8*(1), 161-174. (In Persian with English Summary)

Teixeira, E. I., George, M., Herreman, T., Brown, H., Fletcher, A., Chakwizira, E., deRuiter, J., Maleya, S., & Noblea, A.(2014). The impact of water and nitrogen limitation on maize biomass and resource-use efficiencies for radiation, water and nitrogen. *Field Crops Research*, *168*, 109–118. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2014.08.002.

Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. *Plant and Soil*, 255: 271-586. DOI: 10.31080/ASMI.2022.05.1028.

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G., Cheung, K.C., & Wong, M. H. (2005). Effects of bio-fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: *A greenhouse trial. Geoderma*, *125*, 155–166. https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.07.003.

Zad Behtouri, M., Seyed Sharifi, R., & Khalilzadeh, R. (2018). Effect of nitrogen and biofertilizers on yield, nitrogen use efficiency and some morpho-physiological traits of rice (*Oryza sativa* L.). *Cereal Research*, *8*(4), 409-421. (In Persian with English Summary)

Zhou, Q., Ju, CH., Wang, Z., Zhang, H., Liu, L., Yang, J., & Zhang J. (2017). Grain yield and water use efficiency of super rice under soil water deficit and alternate wetting and drying irrigation. *Journal Integrative Agriculture*, *16*(5), 1028–1043. https://doi.org/10.1016/S2095-3119(16)61506-X.